



München, 20. Oktober 1998

## **Emissionsuntersuchungen an einer Rapsölfeuerung**

**G. Schmoeckel**

Bayer. Landesamt für Umweltschutz (LfU)  
Rosenkavalierplatz 3, 81925 München  
Tel.: 089-9214-0, Fax.: 089-9214-3281  
email: gerhard.schmoeckel@lfu.bayern.de

### **Inhaltsübersicht**

---

- 1. Einleitung**
- 2. Zielsetzung und Messumfang**
- 3. Feuerungsanlage und Betriebszustände**
- 4. Beurteilung der Messergebnisse und Folgerungen**
  - 4.1 Rapsölqualität
  - 4.2 Emissionen anorganischer Stoffe
  - 4.3 Emissionen organischer Stoffe und Kohlenmonoxid
- 5. Zusammenfassung**

## **1. Einleitung**

---

Die energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe wird angesichts des anthropogenen Treibhauseffektes als Baustein einer ressourcenschonenden zukünftigen Energieversorgung zunehmende Bedeutung erlangen. Mittelfristig soll nach dem erklärten Ziel der Bayerischen Staatsregierung mit dem Energieträger Biomasse ein Anteil von 5 % des Primärenergiebedarfs Bayerns gedeckt werden. Im Zuge der Bemühungen um eine Verstärkung des Biomasseanteils bei der Energieerzeugung kommt auch der Einsatz von naturbelassenen Pflanzenölen in Feuerungsanlagen in Betracht. An mehreren bayerischen Feuerungsanlagen wird als Alternative zum fossilen Brennstoff Heizöl EL bereits heute der Rapsöleinsatz in der Praxis erprobt. Auch im LfU-Neubau in Augsburg wird der nachwachsende Rohstoff Rapsöl zusammen mit Solarwärme die nachhaltige Versorgung des Amtes mit Heizwärme sicherstellen.

Nachfolgend wird über Ergebnisse von Emissionsuntersuchungen an einer Rapsölfeuerung berichtet, die im Rahmen des vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) getragenen FuE-Projektes "Umweltauswirkungen der energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe" durchgeführt wurde.

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (LfU) hat die TÜV Ecoplan Umwelt GmbH mit der Ausführung des vom LfU ausgearbeiteten Untersuchungsprogramms an einer bayerischen Rapsöl-Feuerungsanlage beauftragt.

## **2. Zielsetzung und Umfang des Untersuchungsprogramms**

---

Für eine möglichst differenzierte Beurteilung der mit der Verfeuerung von Rapsöl verbundenen Umweltauswirkungen im Vergleich mit denen des Referenzbrennstoffs Heizöl EL war das Ziel der Untersuchungen die detaillierte Ermittlung des Emissionsverhalten einer größeren Feuerungsanlage (Feuerungswärmeleistung: 9,3 MW) bei Einsatz beider Flüssigbrennstoffe in unterschiedlichen Lastzuständen. Darüber hinaus war das eingesetzte Rapsöl hinsichtlich seiner umweltrelevanten Inhaltsstoffe sowie seiner verbrennungstechnischen Eigenschaften zu untersuchen.

Das Emissionsverhalten von Feuerungsanlagen für flüssige Brennstoffe wird neben diesen brennstoffspezifischen Eigenschaften auch von anlagentechnischen und betriebstechnischen Parametern beeinflusst. Zur Minimierung dieser Einflüsse wurden die Rapsöl- und Heizöl EL-Messungen daher an zwei baugleichen Feuerungen durchgeführt. Beide Feuerungen waren vor der Messdurchführung vom Brenner-Hersteller einzustellen, so dass die Verfeuerung beider Brennstoffe unter vergleichbaren technischen Voraussetzungen erfolgte.

Der Umfang der Emissionsmessungen ist folgender Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Übersicht zum Umfang der Emissionsmessungen

Brennstoff	naturbelassenes Rapsöl				Heizöl EL	
	1	2	3	4	1	2
Messreihe Nr.						
Lastzustand [MW]	3,6	4,4	4,9	3,3	2,9	2,4
Messkomponenten	Art der Messung					
Gesamt-C	kontinuierlich		kontinuierlich		kontinuierlich	
CO	kontinuierlich		kontinuierlich		kontinuierlich	
NO <sub>x</sub> angeg. als NO <sub>2</sub>	kontinuierlich		kontinuierlich		kontinuierlich	
N <sub>2</sub> O	kontinuierlich		kontinuierlich		kontinuierlich	
SO <sub>2</sub>	kontinuierlich		kontinuierlich		kontinuierlich	
Staub <sup>1)</sup>	3 x 0,5 h		3 x 0,5 h		3 x 0,5 h	
Rußzahl <sup>1)</sup>	3 x 3 min		3 x 3 min		3 x 3 min	
HF <sup>1)</sup>	3 x 0,5 h		3 x 0,5 h		3 x 0,5 h	
HCl <sup>1)</sup>	3 x 0,5 h		3 x 0,5 h		3 x 0,5 h	
BTEX-Aromaten <sup>1)</sup> Benzol Toluol Ethylbenzol Xylol	3 x 0,5 h		3 x 0,5 h		3 x 0,5 h	
Aldehyde <sup>1)</sup> Formaldehyd Acetaldehyd Acrolein Furfural	3 x 0,5 h		3 x 0,5 h		3 x 0,5 h	
PAK's <sup>2)</sup>	1 x 3 h		1 x 3 h		1 x 3 h	
PCDD/F <sup>3)</sup>	1 x 3 h		1 x 3 h		1 x 3 h	

1) Anzahl und Messdauer der Einzelmessungen je Messreihe

2) gem. EPA 610

3) gem. Anhang 17. BImSchV

Bei der Auswahl der Untersuchungsparameter zu den verbrennungstechnischen Eigenschaften des Rapsöls wurden die Kriterien des "Vorläufigen Qualitätsstandards für Rapsöl als Kraftstoff (RK-Qualitätsstandard)" des Arbeitskreises "Dezentrale Pflanzenölgewinnung"<sup>1)</sup> sowie der DIN 51603 Teil 1 "Heizöl, Mindestanforderungen" berücksichtigt. Folgende Parameter wurden im Rapsöl untersucht:

- Dichte bei 15 °C
- Kinematische Viskosität bei 40 °C
- Flammpunkt
- Heizwert H<sub>u</sub>
- Cetanzahl
- Koksrückstand nach Conradson
- Gesamtverschmutzung
- Asche

<sup>1)</sup> Arbeitskreis "Dezentrale Pflanzenölgewinnung" an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan

- Wassergehalt
- Phosphorgehalt
- Schwefelgehalt
- Neutralisationszahl
- Jodzahl
- Stickstoffgehalt
- Gesamt-Chlorgehalt
- Gesamt-Fluorgehalt
- Na-, Ca-, K-Gehalt
- Schwermetalle: As, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn

### **3. Feuerungsanlage und Betriebszustände**

---

Die untersuchte Feuerungsanlage kann mit den Brennstoffen Erdgas, naturbelassenes Rapsöl oder Heizöl EL befeuert werden und versorgt ein Fernwärmenetz. Sie besteht aus 2 Einzelfeuerungen mit einer maximalen Feuerungswärmeleistung von jeweils 9,3 MW. Bei den baugleichen Brennern handelt es sich um Zweistoffgebläsebrenner des Typs EK 9.1000 GLR des Herstellers Elco Klöckner. Der Hersteller der beiden Flammrohr-Rauchrohr-Dreizugkessel ist die Firma Eisenwerk Theodor Loos, die Typenbezeichnung der Kessel lautet Unimat NHN 9300. Das Rapsöl wird vor Zuführung zum Brenner auf ca. 78 °C vorgewärmt.

Die Emissionsmessungen wurden im November 1997 durchgeführt. An den festgesetzten Messterminen herrschten Witterungsbedingungen, die lediglich zu einer mäßigen Wärmeabnahme aus dem Netz führten. Eine stärkere Variation der Lastzustände zwischen den Messreihen sowie die Einstellung von Nennlastzuständen, wie im ursprünglichen LfU-Messplan vorgesehen, war daher nur in eingeschränktem Umfang möglich.

Die Anlage wurde mit einer manuell vorgegebenen Lasteinstellung gefahren, um ein zu schnelles Hochheizen und anschließendes Abschalten der Anlage im Automatikbetrieb zu vermeiden. Vor den Messungen wurde der Brenner auf den jeweiligen Flüssigbrennstoff eingestellt.

### **4. Beurteilung der Messergebnisse und Folgerungen**

---

#### **4.1 Rapsölqualität**

Für naturbelassenes Pflanzenöl, das als Flüssigbrennstoff in Feuerungen eingesetzt wird, liegen derzeit noch keine allgemeinen Qualitätsanforderungen (z.B. DIN-Norm) vor. Unter Koordination des Arbeitskreises „Dezentrale Pflanzenölgewinnung“ an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik wurde jedoch für den Einsatz von Rapsöl in pflanzenölauglichen Dieselmotoren der vorgenannte vorläufige RK-Qualitätsstandard geschaffen.

Bei den Messungen wurde kalt gepresstes und gefiltertes Rapsöl eingesetzt. Die für die immissionsschutzfachliche Beurteilung wesentlichen Ergebnisse der Analysen dieses Rapsöls sind in folgender Tabelle 2 genannt und dem vorläufigen RK-Qualitätsstandard gegenübergestellt.

Tabelle 2: Mess- und Richtwerte für Inhaltsstoffe und Eigenschaften des Rapsöls

Parameter	Einheit	Rapsöl	
		vorläufiger RK-Qualitätsstandard	Analyse
Schwefel	Gew.-%	= 0,03	0,0015
Stickstoff	ppm	-	68
Chlor	ppm	-	< 10
Fluor	ppm	-	< 10
Cd, Hg, As	ppm	-	je < 0,02
Cr, Co, Ni, Pb, Pl, V	ppm	-	je < 0,05
Cu	ppm	-	0,12
Zn	ppm	-	0,49
Asche	Gew.-%	= 0,02	0,0053
Heizwert	kJ/kg	= 35	36,5
Dichte bei 15 °C	g/ml	0,90 - 0,93	0,92
Flammpunkt	°C	= 300	307,5
Kinematische Viskosität	mm <sup>2</sup> /s	= 38 (bei 40 °C)	34,1 (bei 40 °C)
Koksrückstand nach Conradson	Gew.-%	= 0,03	0,39

Das untersuchte Rapsöl weicht lediglich beim Koksrückstand vom vorläufigen RK-Qualitätsstandard ab. Die übrigen, immissionsschutzfachlich relevanten, Anforderungen des RK-Qualitätsstandards werden dagegen erfüllt. Nach Auskunft der Landesanstalt für Landtechnik steht eine Änderung des RK Qualitätsstandards hinsichtlich der Anforderungen zum Koksrückstand bevor.

#### 4.2 Emissionen anorganischer Stoffe

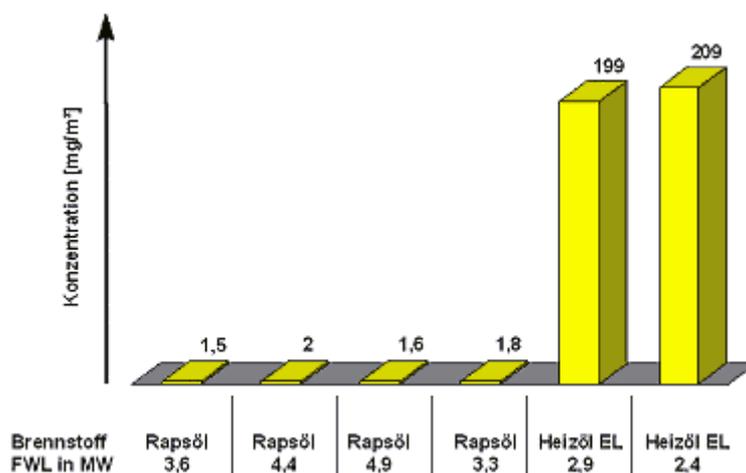
Zur Untersuchung der brennstoffspezifischen Emissionen werden nachfolgend die über den Zeitraum einer gesamten Messreihe (3 Stunden) gemittelten Messwerte der vier Messreihen mit Rapsöl (Nrn. 1 - 4) und der beiden Messreihen mit Heizöl EL (Nrn. 1 und 2) aus- und bewertet. Die bei der jeweiligen Messreihe gefahrene Feuerungswärmeleistung (FWL) wird dabei mit betrachtet.

Für einen einheitlichen Abgasbezug sind alle im folgenden aufgeführten Emissionsmesswerte auf trockenes Abgas im Normzustand und einen Sauerstoffgehalt von 3 Vol.-% bezogen.

### Schwefeldioxid

Die Messungen bei Heizöl EL-Einsatz zeigen erheblich höhere Emissionen an Schwefeloxiden, angegeben als Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) als bei der Verfeuerung von Rapsöl (siehe Abb.1). Während bei Heizöl EL-Betrieb die  $\text{SO}_x$ -Emissionen im Mittel bei  $204 \text{ mg/m}^3$  lagen (der maximale Halbstundenmittelwert betrug  $213 \text{ mg/m}^3$ ), wurden bei Rapsölbetrieb  $\text{SO}_x$ -Emissionen im Bereich von  $1\text{-}2 \text{ mg/m}^3$  ermittelt.

**Abbildung 1:** Gemessene Konzentration an  $\text{SO}_x$ , angegeben als  $\text{SO}_2$  (bezogen auf 3 Vol.-%  $\text{O}_2$ )



Der Schwefelgehalt im Heizöl EL wird durch die 3. BImSchV i.V.m. der DIN 51603 Teil 1 (Ausgabe März 1995) auf maximal 0,20 Gew.-% begrenzt. Dies entspricht einer maximalen  $\text{SO}_2$ -Konzentration im Feuerungsabgas von etwa  $340 \text{ mg/m}^3$ . Die Messergebnisse zeigen damit auch, dass das eingesetzte Heizöl EL einen Schwefelgehalt von unter 0,20 Gew.-% hatte.

Die Messungen bestätigen zudem, dass  $\text{SO}_x$ -Emissionen bei der Verfeuerung des schwefelarmen Rapsöls aus immissionsschutzfachlicher Sicht nicht relevant sind. Die Festlegung von Emissionsgrenzwerten für Schwefeloxide bei Rapsölfeuerungen ist nicht erforderlich.

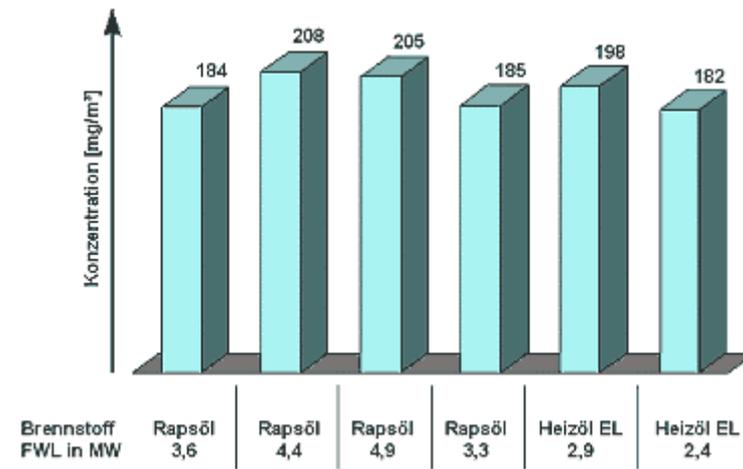
### Stickstoffoxide

In Nr. 3.3.1.2.2 der TALuft 86 ist zur Begrenzung der Stickstoffoxid-Emissionen von Heizöl-Feuerungen ein Emissionswert von  $0,25 \text{ g/m}^3$ , angegeben als Stickstoffdioxid, vorgegeben.

Die bei der Untersuchung gemessenen, maximalen Halbstundenmittelwerte betragen bei Einsatz von Rapsöl  $228 \text{ mg/m}^3$  und lagen bei Einsatz von Heizöl EL mit  $204 \text{ mg/m}^3$  in vergleichbarer Höhe. Der Emissionswert der TALuft 86 wurde bei beiden Brennstoffen eingehalten.

Aus fachlicher Sicht sollte auf eine geeignete Brennerauswahl und -einstellung geachtet werden.

**Abbildung 2:** Gemessene Konzentration an  $\text{NO}_x$ , angegeben als  $\text{NO}_2$  (bezogen auf 3 Vol.-%  $\text{O}_2$ )

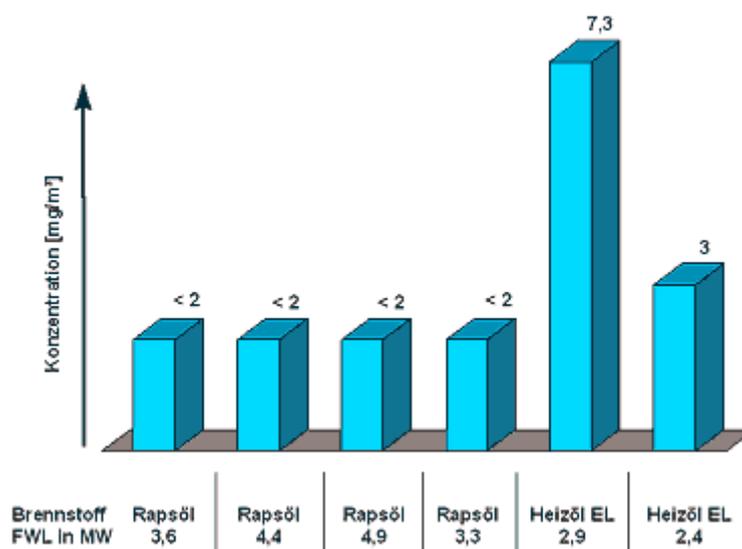


### Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ )

Lachgas gehört zur Gruppe der Stickstoffoxide. Ihm wird ein Treibhauspotential zugesprochen, das etwa dem 300-fachen des Kohlendioxids entspricht. Darüber hinaus trägt es zum Abbau der Ozonschicht bei.

Um die Grundlage für die Bewertung der Klimarelevanz der energetischen Nutzung von Rapsöl in Feuerungsanlagen zu verbreitern, wurden auch die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen ermittelt. Die Messwerte sind in Abb. 3 dargestellt.

**Abbildung 3:** Gemessene Konzentration an  $\text{N}_2\text{O}$  (bezogen auf 3 Vol.-%  $\text{O}_2$ )



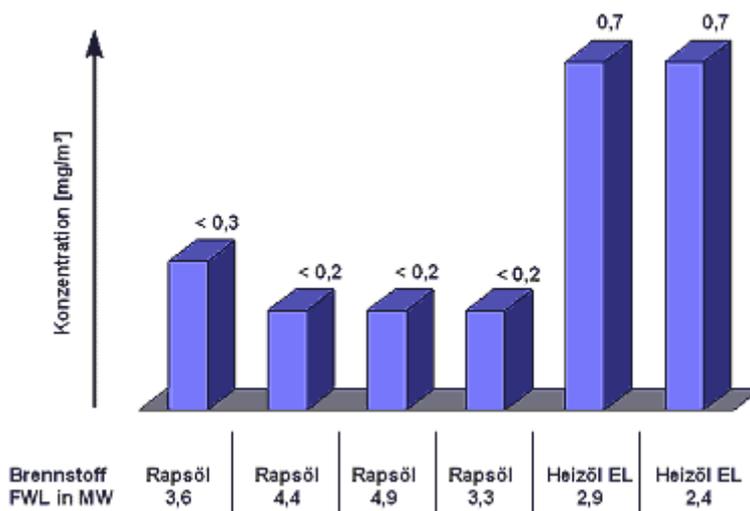
Während beim Betrieb der Feuerungsanlage mit Rapsöl die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen stets unter der Nachweisgrenze von  $2 \text{ mg/m}^3$  lagen, konnte im Heizöl-EL-Betrieb Lachgas im Bereich bis ca.  $7 \text{ mg/m}^3$  nachgewiesen werden.

Dagegen liegen sowohl bei Heizöl EL- als auch bei Rapsölbetrieb die feuerungsbedingten  $\text{CO}_2$ -Gehalte im Abgas bei etwa  $200 - 300 \text{ g/m}^3$ . Auch bei Berücksichtigung des erheblich höheren Treibhauspotentials von Lachgas, verdeutlichen die gemessenen  $\text{N}_2\text{O}$ -Konzentrationen damit, dass im Vergleich zu den jeweiligen  $\text{CO}_2$ -Emissionen die feuerungsbedingten Lachgasemissionen bei beiden Brennstoffen bezüglich der Klimarelevanz von deutlich untergeordneter Bedeutung sind.

### Chlorwasserstoff

In Abb. 4 sind die Emissionen der gasförmigen anorganischen Chlorverbindungen, angegeben als HCl, dargestellt. Die HCl-Emissionen liegen bei Rapsöl-Betrieb stets unter der Nachweisgrenze von  $0,2 \text{ mg/m}^3$ . Bei Heizöl-EL-Betrieb wurde der HCl-Gehalt im Abgas von  $0,7 \text{ mg/m}^3$  ermittelt.

**Abbildung 4:** Gemessene HCl-Konzentration (bezogen auf 3 Vol.-%  $\text{O}_2$ )

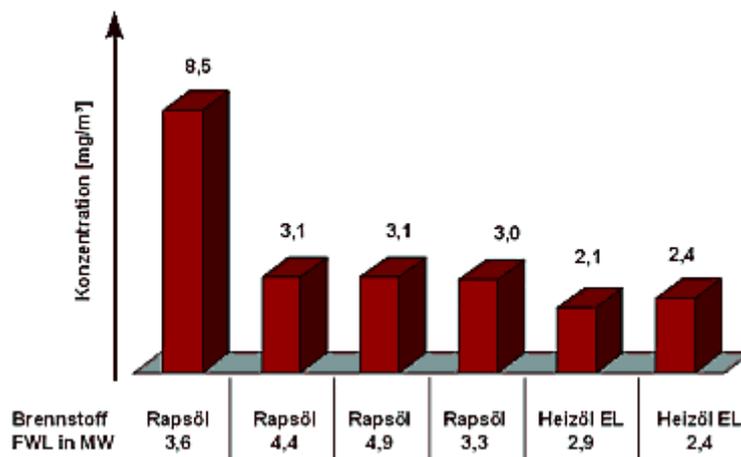


Der im allgemeinen Teil der TALuft 86 in Nr. 3.1.6 Klasse III genannte Emissionswert von  $30 \text{ mg/m}^3$  wird somit erheblich unterschritten. Aus fachlicher Sicht ist es daher gerechtfertigt, dass dieser Emissionswert bei Feuerungsanlagen für Heizöl EL und Rapsöl gemäß den Bestimmungen in Nr. 3.3.1.2.1 und Nr. 3.3.1.3 der TALuft nicht zur Anwendung kommt.

**Staubförmige Stoffe, Ruß**

Emissionswerte zur Begrenzung der Staubkonzentration sind für Heizöl EL-Feuerungen in der TALuft nicht vorgesehen. Eine Beschränkung der Emissionen erfolgt jedoch durch die Begrenzung der Rußzahl nach Nr. 3.3.1.2.2 der TALuft 86 (Rußzahl = 1) sowie die Anforderung der DIN 51603 an den Aschegehalt im Heizöl EL (Asche = 0,01 Gew.-%). Die Rußzahl wird von der Ausbrandgüte der Verbrennungsgase im Kessel bestimmt (siehe Abschnitt 4.3).

**Abbildung 5:** Gemessene Gesamtstaubkonzentration (bezogen auf 3 Vol.-% O<sub>2</sub>)



Bei den Rapsöl-Messreihen sowie bei der Messreihe Heizöl - 1 wurden ausnahmslos Rußzahlen < 1 gemessen. Bei der Messreihe Heizöl EL - 2 dagegen ergaben alle 3 Messungen Rußzahlen von 1,6 - 1,7. Dies zeigt aus fachlicher Sicht eine nicht optimale Brennereinstellung für den untersuchten Lastpunkt an (siehe auch Abschnitt 3).

Die gemessenen Konzentrationen an Gesamtstaub liegen bei den Rapsöl-Einzelmessungen zwischen 3 und 12 mg/m<sup>3</sup> und bei den Heizöl EL- Messungen zwischen 1 und 3 mg/m<sup>3</sup> (siehe Abb. 5). Die erhöhten Staubkonzentrationen bei der Meßreihe Rapsöl - 1 gehen einher mit erhöhten Konzentrationen an organischen Stoffen (siehe Abschnitt 4.3). Bei dieser Meßreihe traten betriebsbedingt mehrere Abschaltvorgänge auf.

Die Messwerte der Meßreihen Rapsöl 2-4 deuten auf einen gegenüber dem eingesetzten Heizöl geringfügig erhöhten Aschegehalt im Rapsöl hin.

### 4.3 Emissionen organischer Stoffe und Kohlenmonoxid

#### Gesamt-Kohlenstoff, Kohlenmonoxid

Die Emissionen an organischen Stoffen im Abgas von Feuerungsanlagen sind wesentlich davon abhängig, wie vollständig der Ausbrand der Verbrennungsgase im Kessel abläuft. Als Leitparameter für die Ausbrandgüte wird die Konzentration an Kohlenmonoxid (CO) im Abgas herangezogen. In Nr. 3.3.1.2.2 der TALuft 86 ist daher zur Begrenzung der CO-Emissionen ein Emissionswert von  $0,17 \text{ g/m}^3$  genannt.

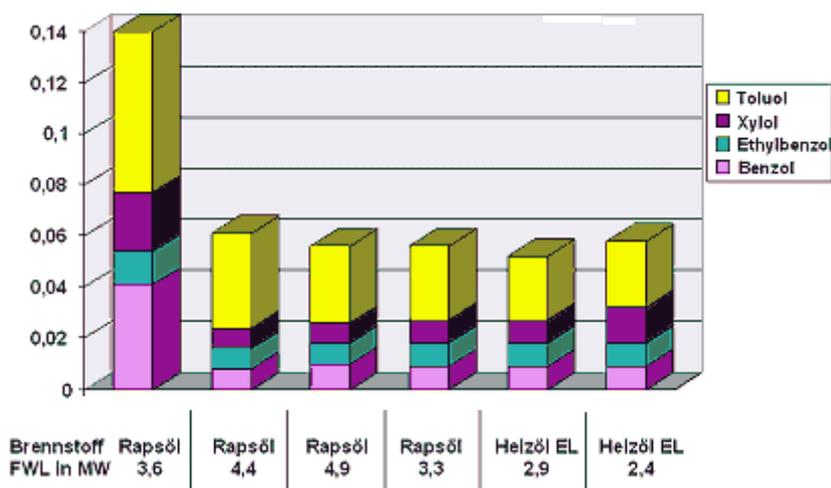
Die gemessenen Konzentrationen an CO und an Gesamt-Kohlenstoff (Gesamt-C) im Abgas liegen sowohl bei Heizöl EL- als auch bei Rapsölbetrieb überwiegend unter den Nachweisgrenzen von 2 bzw.  $1 \text{ mg/m}^3$ . Ein Einfluss der Brennstoffart ist bei den gewählten Brenneinstellungen nicht erkennbar. Die höchsten Halbstundenmittelwerte von  $4 \text{ mg/m}^3$  CO und  $2 \text{ mg/m}^3$  Gesamt-C wurden während der Messreihe Rapsöl - 1 gemessen, bei der betriebsbedingt mehrere Abschaltvorgänge auftraten.

Der o.g. CO-Emissionswert wurde damit sowohl bei Heizöl EL- als auch bei Rapsölbetrieb erheblich unterschritten.

#### BTEX-Aromaten

In Abb. 6 sind die Messwerte für die Summenkonzentration der aromatischen Verbindungen Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol dargestellt.

**Abbildung 6:** Gemessene BTEX-Summenkonzentrationen (bezogen auf 3 Vol.-%  $\text{O}_2$ )



Mit Ausnahme der Toluolkonzentration lagen die gemessenen Konzentrationen überwiegend unter der Nachweisgrenze von etwa  $0,01 \text{ mg/m}^3$ . Damit werden die jeweiligen, in der TALuft 86 genannten Emissionswerte von  $5 \text{ mg/m}^3$  für Benzol und  $100 \text{ mg/m}^3$  für die Summe der Stoffe ebenfalls erheblich unterschritten. Auffällig sind auch hier die gegenüber den übrigen Messrei-

hen erhöhten Konzentrationen bei der Messreihe Rapsöl - 1. Brennstoffabhängige Unterschiede sind nicht erkennbar.

### Aldehyde

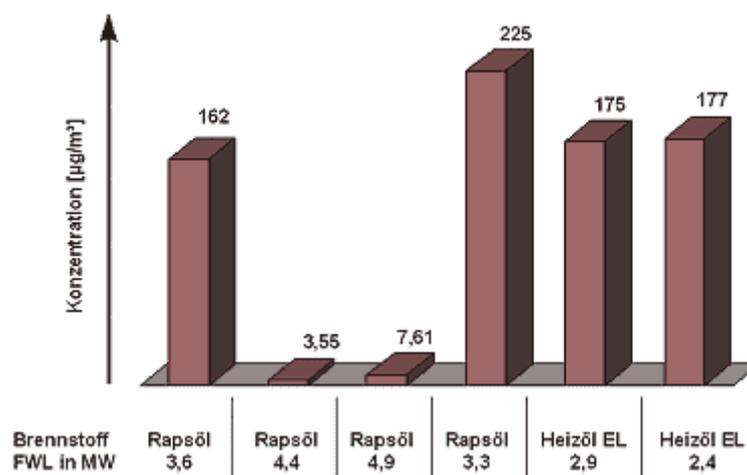
Die Konzentrationen an den Aldehyden der Klasse I gem. Nr. 3.1.7 der TALuft 86 Formaldehyd, Acetaldehyd, Acrolein und Furfural lagen überwiegend unterhalb der jeweiligen Nachweisgrenze. Lediglich Acetaldehyd wurde mit einem Höchstwert von 0,24 mg/m<sup>3</sup> bei der Messreihe Rapsöl - 1 nachgewiesen. Der einschlägige Emissionswert für die Summenkonzentration dieser Stoffe von 20 mg/m<sup>3</sup> wurde damit sicher eingehalten. Brennstoffabhängige Unterschiede sind ebenfalls nicht erkennbar.

### Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

In Nr. 2.3 der TALuft 86 ist für die PAK Benzo(a)pyren und Dibenz(a,h)anthracen ein Summenemissionswert von 0,1 mg/m<sup>3</sup> genannt. Zugleich gilt das Minimierungsgebot für krebserzeugende Stoffe.

Die Bestimmung der Konzentration an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen erfolgte nach der Methode EPA 610, mit der 16 Einzel-PAK erfasst werden. Hiervon liegen für 7 Einzel-PAK ausreichende Hinweise auf krebserzeugendes Potential vor. In Abb. 7 sind die gemessenen Summenkonzentrationen aller 16 Einzel-PAK dargestellt. Dabei fällt auf, dass die Messreihen mit niedrigen Wärmeleistungen erheblich höhere PAK-Summen-Emissionen aufweisen (vgl. auch Abschn. 4.2 RußzahlMessergebnisse).

**Abbildung 7:** Gemessene PAK-Konzentrationen (bezogen auf 3 Vol.-% O<sub>2</sub>)



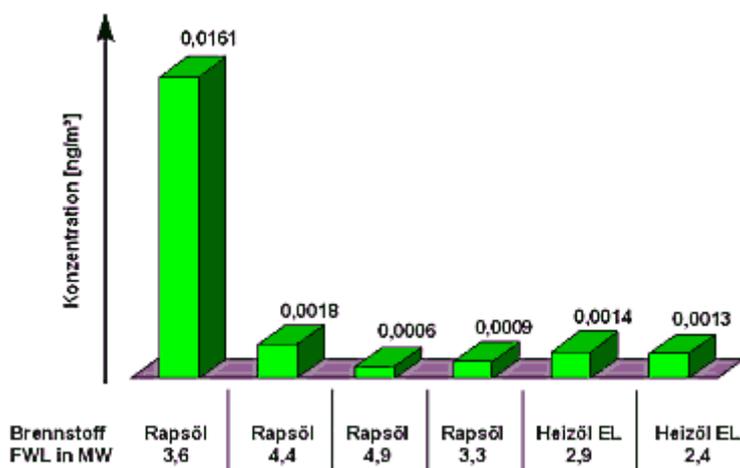
Krebserzeugende PAK wurden bei den Messungen jedoch nahezu nicht nachgewiesen. Die Konzentrationen der krebserzeugenden Einzel-PAK lagen lediglich bei der Messreihe Rapsöl - 1 geringfügig oberhalb der Nachweisgrenze von 0,01 bzw. 0,02 µg/m<sup>3</sup>. Die Anforderungen der Nr. 2.3 der TALuft 86 für krebserzeugende Stoffe werden damit erfüllt.

Hauptkomponente der PAK ohne ausreichenden Hinweis auf krebserzeugendes Potential ist Naphthalin (Stoff der Kl. I, Nr 3.1.7 TALuft 86).

### Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane

Die gemessenen Konzentrationen an polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen (PCDD/F) sind in Abb. 8 dargestellt. Die höchste PCDD/F-Konzentration wurde ebenfalls während der Messreihe Rapsöl - 1 ermittelt. Der in der 17. BImSchV genannte Emissionsgrenzwert von  $0,1 \text{ ngTE/m}^3$  wurde mit  $0,016 \text{ ngTE/m}^3$  jedoch auch bei dieser Messreihe deutlich unterschritten.

**Abbildung 8:** Gemessene BTEX-Summenkonzentrationen (bezogen auf 3 Vol.-% O<sub>2</sub>)



## 5. Zusammenfassung

Die energetische Nutzung von naturbelassenem Rapsöl in Feuerungsanlagen ist, wie jeder Verbrennungsvorgang, mit Emissionen luftverunreinigender Stoffe verbunden. Zur Untersuchung der rapsölspezifischen Emissionen bei der Verbrennung wurden an einer größeren Feuerungsanlage vergleichende Emissionsmessungen bei Einsatz von Rapsöl sowie Heizöl EL durchgeführt. Die Messungen haben gezeigt, dass der Flüssigbrennstoff "naturbelassenes Rapsöl" in dafür geeigneten Feuerungsanlagen emissionsarm verbrannt werden kann.

Die Emissionsmessungen ergaben beim Rapsöleinsatz deutlich verminderte Schwefeldioxidemissionen im Vergleich zur Verbrennung von Heizöl EL. Dagegen waren die Staubemissionen bei der Rapsölverfeuerung geringfügig erhöht. Bei den Emissionen an Stickstoffoxiden, Ruß und Kohlenmonoxid sowie den untersuchten organischen Stoffen (Gesamtkohlenstoff, BTEX, Aldehyde, PAK, PCDD/F) waren brennstoffabhängige Unterschiede nicht erkennbar.

Überschreitungen von in der TALuft 86 genannten Emissionswerten wurden bei Rapsölverwendung nicht festgestellt.

Pflanzenöle sind derzeit nicht als Regelbrennstoffe in den Verordnungen zum Bundes-Immissionsschutzgesetz genannt. Die fachlichen Anforderungen sind daher im immissionschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren gemäß dem Stand der Technik im Einzelfall festzulegen. Die Ergebnisse der Grundsatzuntersuchung zeigen jedoch, daß eine Aufnahme von "naturbelassenem Pflanzenöl" und auch "Pflanzenölmethylester" in die Nr. 1.2 des Anhangs zur 4. BImSchV (Liste der Regelbrennstoffe) gerechtfertigt ist. Das Landesamt für Umweltschutz hat daher bereits entsprechende Änderungen in der 4. und 17 BImSchV angeregt.